



UNIVERSITAS BHAYANGKARA JAKARTA RAYA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER

Kampus I: Jl. Harsono RM No. 67, Ragunan, Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12550
Telepon: (021) 27808121 – 27808882
Kampus II: Jl. Raya Perjuangan, Marga Mulya, Bekasi Utara, Jawa Barat, 17142
Telepon: (021) 88955882, Fax.: (021) 88955871
Web: fasilkom.ubharajaya.ac.id, E-mail: fasilkom@ubharajaya.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor: ST/087/IX/2020/B-FASILKOM-UBJ

1. Dasar: Kalender Akademik Ubhara Jaya Tahun Akademik 2020/2021.
2. Dalam rangka mewujudkan Tri Dharma Perguruan Tinggi untuk Dosen di Universitas Bhayangkara Jakarta Raya maka dihimbau untuk melakukan penelitian.
3. Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Bhayangkara Jakarta Raya menugaskan:

NO.	NAMA	NIDN	JABATAN	KETERANGAN
1.	Rakhmi Khalida, S.T., M.M.S.I.	0304099201	Dosen Tetap Prodi Informatika	Sebagai Penulis Pertama

Membuat Artikel Ilmiah dengan judul "**Metodologi, Teknologi, dan Tantangan Augmented Reality Berbasis Website**" pada media Jurnal Politeknologi, Vol. 19, No. 3, September 2020, Hal. 253-258, ISSN: 1412-2782, e-ISSN: 2407-9103.

4. Demikian penugasan ini agar dapat dilaksanakan dengan penuh rasa tanggung jawab.

Bekasi, 07 September 2020
DEKAN FAKULTAS ILMU KOMPUTER

Herlawati, S.Si., M.M., M.Kom.
NIP. 2001452

ISSN 1412-2782
eISSN 2407-9103

JURNAL POLI-TEKNOLOGI

Volume 19 No 3 September 2020



Diterbitkan oleh:
Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA



JURNAL

POLI-TEKNOLOGI

ISSN 1412-2782 / e-ISSN 2407-9103

DOI: <https://doi.org/10.32722/pt.v19i3>

Volume 19, Nomor 3, September 2020

<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/politeknologi>

**Jurnal Poli Teknologi mempublikasikan hasil penelitian ilmiah di bidang
Teknologi dan Ilmu Terapan
Jurnal Poli Teknologi terbit secara berkala setiap empat bulan
(Januari bidang Ilmu Teknik Sipil, Mei bidang Ilmu Teknik Elektro/ Komputer dan
September bidang Ilmu Teknik Mesin/Grafika)**

Pelindung	Direktur Politeknik Negeri Jakarta
Penasehat	Pembantu Direktur Bidang Akademik
Penanggung Jawab	Kepala Pusat Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat Politeknik Negeri Jakarta
Ketua Dewan Redaksi	Anis Royidah
Wakil Ketua	Prihatin Oktivasari Fitri Wijayanti
Anggota	Nadia Mawadah Utami

Alamat Redaksi
Sekretariat Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M)
Politeknik Negeri Jakarta
Gedung Direktorat Lt.2, Telp. (021) 7270036
Psw. 236 Fax (021)7270034 Kampus Baru
Universitas Indonesia Depok, DEPOK 16425
Email: p3m.pnj@gmail.com
<http://jurnal.pnj.ac.id/index.php/politeknologi>

DAFTAR ISI

JUDUL	PENULIS	HAL
Implementasi Algoritma <i>Complementary Filter</i> Untuk Merancang Bangun Interaksi Manusia dan <i>Smartphone</i> Menggunakan Gerakan Kepala	<i>Pingky Alfa Ray Leo Lede</i>	207 – 216
Deteksi Bola Menggunakan Kombinasi Metode Filter Warna Dan Bentuk Pada Robot Soccer	<i>A. Suheryadi, W. Permana Putra, M Lukman Sifa, D Fathin</i>	217 – 222
Usability Aplikasi Android Honda E-Care Dengan Use Questionnaire Dan Importance Performance Analysis (Ipa)	<i>Kudiantoro Widiyanto, Tyas Setiyorini, Adityo Surya P</i>	223 – 234
Sistem Akuisisi Data Berbasis Arduino pada Rekayasa Prototipe <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	<i>Haolia Rahman, Candra Damis Widiawaty, Hamdi, Eko Nugroho Setijogiarto</i>	235 – 240
Perbaikan Resistansi Elektroda Pembumian Instalasi Listrik Pemanfaat Untuk Memperkecil Bahaya Sengatan Listrik	<i>Sunarto</i>	241 – 252
Metodologi, Teknologi, dan Tantangan <i>Augmented Reality</i> Berbasis <i>Website</i>	<i>Rakhmi Khalida</i>	253 – 258
Analisa Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani dan Sugeno dalam Memprediksi Jumlah Persediaan Opp Film Di Pt Xyz	<i>Corry Ameli, Novi Purnama Sari, Muryeti</i>	259 – 270
Pemetaan Posisi Robot Soccer Menggunakan Gyrodometry Dan Trigonometry Untuk Memprediksi Sudut Tendangan	<i>Agus Khumaidi, Khoirun Agus Nasikhin, Projek P, Mardi Santoso, Danis Bagus Setiawan, Roudhotul Auliya Sa'adah, Adi Wisnu Sahputra</i>	271 – 278
Pengaruh Penambahan Air Laut Terhadap Perubahan Arus Listrik dan Kekeruhan Pada Pengolahan Air Limbah Industri Secara Koagulasi	<i>Sutanto</i>	279 – 288
Perancangan Mesin Ekstrusi Untuk Daur Ulang Sampah Plastik Berbentuk Silinder	<i>Budhi Martana, Sigit Pradana, Muhammad Arifudin Lukmana</i>	289 – 294

METODOLOGI, TEKNOLOGI, DAN TANTANGAN AUGMENTED REALITY BERBASIS WEBSITE

Rakhmi Khalida✉

Jurusan Teknik Informatika, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Jl. Perjuangan No.81 Bekasi Utara, 17143

✉e-mail: rakhmi.khalida@dsn.ubharajaya.ac.id

Abstract

Augmented reality (Mobile AR) is a technology that is receiving increasing attention from academia and industry. AR is relied on to be an innovative technology to enrich ways of interacting with the physical and virtual world around the user which can improve the user experience in various fields. The platform for AR applications is usually hardware based and Mobile AR application based. Hardware-based AR requires quite expensive support and this makes it inflexible while application-based AR on smartphones requires large storage space and does not make cross-platform convenient. Currently, many researchers are trying to create and develop website-based AR, as a solution for AR deployment to be flexible and save storage space. This paper reviews the representation of development, methodologies, technologies and existing AR challenges, this can be a trigger for more research interest and attempt to provide an AR experience.

Keywords: *Augmented Reality, Technology, Website*

Abstrak

Augmented reality (Mobile AR) merupakan teknologi yang mendapatkan perhatian meningkat dari akademisi dan industri. AR diandalkan menjadi teknologi inovatif untuk memperkaya cara berinteraksi dengan fisik dan dunia maya di sekitar user yang dapat meningkatkan pengalaman user dalam berbagai bidang. Platform untuk aplikasi AR biasanya berbasis perangkat keras dan Mobile AR berbasis aplikasi. AR berbasis perangkat keras membutuhkan dukungan yang cukup mahal dan hal ini membuat menjadi tidak fleksibel sedangkan AR berbasis aplikasi pada smartphone memerlukan ruang penyimpanan yang besar dan tidak membuat nyaman untuk lintas platform. Saat ini banyak peneliti mencoba membuat dan mengembangkan AR berbasis website, sebagai solusi dari penyebaran AR agar fleksibel dan menghemat ruang penyimpanan, Tulisan ini mengulas representasi pengembangan, metodologi, teknologi dan tantangan AR yang ada, Hal ini bisa menjadi trigger untuk lebih banyak minat penelitian dan upaya memberikan pengalaman AR.

Kata kunci: *Augmented Reality, Teknologi, Website*

Pendahuluan

Saat ini interaksi manusia komputer menjadi bagian kebutuhan yang penting dari perkembangan teknologi informasi. Interaksi manusia dengan komputer sudah sangat natural, mudah digunakan dan tampak tidak ada kesulitan penggunaan kepada mesin. Fenomena dari *augmented reality* (AR) selama dekade terakhir telah menarik banyak perhatian [1]. AR telah memberikan manfaat nyata pada berbagai bidang, seperti hiburan, iklan, pendidikan, navigasi, pemeliharaan, dan seterusnya [1]. AR memperluas visualisasi,

"menambah" persepsi *user* tentang dunia. *Sportvision* pertama kali diterapkan ke AR siaran langsung TV pada tahun 1998, lalu perangkat yang menjadikan AR sebagai terobosan yaitu Google Glass di tahun 2012 [2] dan *smartphone* pada Proyek Tango, di tahun 2014, kemudian aplikasi fenomenal AR pertama yaitu Pokémon GO di tahun 2016, menjadi teknologi dan perangkat AR yang cenderung kuat, *mobile*, dan ringan. Perjalanan teknologi AR ditunjukkan pada gambar. 1.

Sistem operasi pada *smartphone* terkini sudah mendukung AR, tujuannya menjangkau lebih banyak pengguna,

aplikasi AR perlu melalui siklus pengembangan untuk menjadi solusi bagi *platform* yang berbeda.

Penemuan *World Wide Web* menandai dimulainya era baru, dengan penyediaan layanan berbasis web. *Platform* web merupakan teknologi lintas *platform* dan web menjalankan fitur dengan ringan karena web menyederhanakan akses layanan bagi pengguna dengan menggunakan memori pada *cloud*. AR sebagai salah satu teknologi yang bisa diimplementasikan berbasis Web, AR berbasis web menjadi AR lintas *platform* yang dapat digunakan *user* secara bersama dan AR web bisa menjadi promosi Web AR yang luas. Meskipun teknologi menawarkan web yang menjanjikan pendekatan untuk *cross-platform* dan ringan. masih ada beberapa tantangan untuk menerapkan Web AR dalam kasus nyata yaitu efisiensi komputasi, efisiensi energi, dan jaringan. Perhitungan komputasi untuk melakukan *rendering* AR dan penggunaan intensif data membuatnya lebih menantang untuk mencapai Web berkinerja tinggi dan hemat energi.

Kemampuan *rendering* yang tinggi akibat dari perhitungan-perhitungan yang kompleks dan terbatasnya perangkat keras *user* seperti baterai pada *smartphone* mengalami tekanan yang tinggi menyebabkan menurunkan pengalaman pengguna. Hal baik untuk menjadi solusi masalah ini adalah memanfaatkan *cloud computing* untuk melakukan proses komputasi. Teknologi jaringan 5G menghadirkan peluang bagi web AR menyediakan. Teknologi 5G menyediakan *bandwidth* yang lebih tinggi (0,1~1 Gb / s) dan *delay* jaringan yang lebih rendah (1~10 ms) [10], yang meningkatkan transmisi data aktif jaringan seluler yang ke-dua, lalu pengenalan karakteristik baru, seperti *multiaccess edge computing*. (MEC), komunikasi perangkat-ke-perangkat (D2D), dan pemotongan jaringan,

menyediakan komunikasi yang adaptif dan terukur. Teknologi yang lebih lanjut dapat menyediakan infrastruktur yang efisien untuk penyebaran dan promosi Web AR. Bagian dari isi tulisan ini diantaranya metodologi AR, teknologi, dan tantangan web AR

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif.. Metode ini dipilih karena menggambarkan secara deskriptif fenomena AR yang masih berjalan. *Augmented reality* (AR) dibangun dengan tiga pendekatan yaitu berdasarkan penggunaan marker, berbasis visi (*markerless*) dan *hybrid*.

Penggunaan marker

AR dengan metode berbasis marker adalah implementasi AR yang paling ringan. Pola sederhana seperti kode QR digunakan sebagai marker karena dapat dengan mudah dikenali untuk dibaca, dapat dilihat pada gambar 2. AR menggunakan teknologi kamera pada perangkat untuk membedakan marker dengan objek dunia nyata. AR *mobile* berbasis aplikasi menggunakan kamera yang didukung oleh sensor, seperti akselerometer, giroskop, kompas, magnetometer, GPS, dan sebagainya [2]. Penggunaan banyak sensor membantu mendapatkan hasil yang akurat [7]. Meningkatnya kategori sensor, serta fungsi sensor yang mengalami peningkatan terus menerus, memberikan peluang untuk diversifikasi aplikasi Web AR.

Berbasis Visi

Implementasi AR berbasis visi menggunakan perhitungan komputasi yang besar, penyimpanan *runtime* pada *platform*, dan sangat bergantung pada kemampuan kamera dan jaringan. AR dengan *markerless* menggunakan GPS,

kompass digital, pengukur kecepatan, atau akselerometer yang tertanam dalam perangkat untuk menyediakan data berdasarkan lokasi *user* berada. Kekuatan dibalik teknologi *markerless augmented reality* adalah ketersediaan fitur pendeteksian lokasi pada *smartphone* [2].

Hybrid

Metode ini memainkan peranan penting karena mempertimbangkan kemampuan komputasi yang terbatas dan kinerja jaringan. Hal ini mengatasi kelemahan dan keterbatasan pada pendekatan berbasis visi (*markerless*). Metode ini adalah penggabungan antara berbasis marker dan *markerless* [2].

Hasil dan Pembahasan

Teknologi

Trend teknologi web saat ini sedang muncul untuk memenuhi persyaratan dasar AR berbasis web, dan, pada akhirnya menyediakan metodologi untuk peningkatan kinerja.

WebGL

Pertama kali gagasan WebGL diterapkan ke buku berjudul *WebGL Up and Running* dipelajari oleh Tony Parisi [12]. Teknologi interaktif dengan satu set API JavaScript yang efisien untuk desain web 2D dan 3D. Penggunaan GPU pada WebGL membuat presentasi AR lebih halus dan lebih realistis di web, contohnya yang sudah diimplementasikan oleh *three.js* [8]. WebGL biasanya digunakan untuk desain web dan game 3D yang berbasis web. Saat ini WebGL sudah didukung banyak *browser* dan teknologi ini sudah mencapai versi 2.0 [1].

WebRTC

Teknologi ini dapat membuat *browser* melakukan komunikasi secara *real-time* dan merupakan salah satu teknologi yang dipertimbangkan dalam mendukung web AR. WebRTC menggunakan kamera untuk menangkap lingkungan sekitar dalam bentuk video streaming. WebRTC menyediakan fungsi *rendering*, dan operasi lainnya dalam mendukung aplikasi Web AR. Saat ini sudah banyak *browser* yang terpasang dan dapat bekerja dengan webRTC. Selain pengambilan video, teknologi WebRTC saat ini juga mendukung pengkodean video, enkripsi, render, pemrosesan, dan sebagainya [1].

Google merilis WebRTC sebagai proyek *opensource* yang telah distandarisasi oleh *World Wide Web Consortium* (WC3) dan *Internet Engineering Task Force* (IETF) yang diimplementasikan sejak awal 2011, dimana WebRTC dapat melakukan komunikasi real-time (RTC) pada web antar *browser* [13]. Google, Mozilla dan Opera mendukung WebRTC dan terlibat dalam proses pengembangan WebRTC [14].

WebAssembly

Bahasa pemrograman tingkat rendah contoh seperti C dan C++ dapat berjalan di *browser* seperti javascript. Sebuah peningkatan untuk *browser* karena *browser* akan mampu mengeksekusi format dalam bentuk binary [1]. WebAssembly memungkinkan pengembang untuk menulis aplikasi berbasis web yang penting dalam berbagai format perpustakaan yang berbeda dan ditulis dalam bahasa yang berbeda [15]. WebAssembly dapat menjalankan *game desktop* pada web *browser* dengan performa yang hampir sama seperti dijalankan di desktop. Web AR dapat dengan lebih mudah dikembangkan dengan *webassembly* karena hubungan yang erat dengan algoritma CV seperti *OpenCV* [10].

Web Worker

Web worker memperkenalkan teknologi *multithread* JavaScript. Web browser menjalankan komputasi paralel, *rendering*, dan sumber daya. Halaman *request* dimuat di atas script Javascript yang berjalan. Web worker menyediakan metode sederhana untuk paralelisasi program web AR, contoh seperti saat *rendering* model 3-D dan paralel pencocokan poin objek [16]. Cara kerja dengan melakukan penjadwalan dan keseimbangan operasi yang memakan waktu dan sumber daya di aplikasi Web AR, dapat memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik, terutama dengan jaringan seluler saat ini [1].

Tantangan AR Berbasis Web

Permintaan web AR yang terus meningkat untuk mobilitas, ringan, dan bisa lintas *platform*. Web AR memiliki potensi yang besar untuk memperkaya interaksi user dengan dunia nyata. Saat ini sudah banyak tersedia perangkat lunak *open-source* dan lebih banyak *platform* pengembang dan *course* program untuk Web AR yang dibuat untuk umum. Nilai potensi tantangan untuk mengembangkan Web AR dan bagi pengguna mengeksplorasi potensinya.

Efisiensi Komputasi dan *Rendering*

Komputasi maupun tugas *rendering* dalam web AR saat ini menghadapi lingkungan *runtime* yang tidak efisien, ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan komputasi dan penyimpanan perangkat keras. WebAssembly, Web worker sangat membantu untuk peningkatan kinerja aplikasi web AR. WebAssembly dapat mempercepat web AR melalui interpretasi dari kode tingkat tinggi ke dalam biner dan komputasi paralel oleh

web worker. Proyek WebSight menunjukkan bahwa WebAssembly dapat memberikan peningkatan kinerja 10x.

Komputasi aproksimasi adalah cara lain yang dapat dicoba. Kinerja aplikasi AR web dapat ditingkatkan dengan mengurangi kompleksitas algoritma. Efisiensi dalam *rendering* adalah hal lain bidang yang menjadi perhatian. Model 3D yang kompleks dapat meningkatkan beban komputasi proporsi *rendering* model juga akan meningkat. Selain itu, semakin lama waktu render akan menurunkan *user experience* aplikasi Web AR[1]. Teknik *rendering* yang dioptimalkan atau metode *rendering* berbasis GPU dapat meningkatkan efisiensi *rendering* di web [1].

Efisiensi Jaringan

Masalah krusial lainnya untuk web AR adalah jaringan. Kualitas *user experience* yang tinggi hanya bisa dicapai dengan mengandalkan *cloud* atau *server* dengan mempertimbangkan keterbatasan komputasi dan kemampuan *rendering* perangkat *smartphone*. Teknologi MEC dan D2D akan memfasilitasi layanan penyediaan Web dengan cara yang lebih fleksibel berdasarkan komputasi dan komunikasi yang adaptif dan *scalable*. Di area *indoor* atau *outdoor*, MEC fleksibel untuk digunakan dengan *Radio Access Networks* (RAN) baik secara langsung atau dalam jarak dekat. MEC dapat bertindak sebagai *gateway* lokal yang kuat [17]. Teknologi MEC dapat menurunkan *delay* komunikasi untuk web AR, namun MEC belum dipopulerkan di jaringan 3G / 4G [18].

Efisiensi Energi

Aplikasi AR membutuhkan kerja sama yang panjang antara persepsi lingkungan, persepsi interaksi, dan

koneksi internet. Semua tugas yang haus daya ini memberikan tekanan luar biasa pada baterai *smartphone*. Saat ini, baterai hanya dirancang untuk fungsionalitas yang umum. Untuk mengurangi dampak buruk dari Web AR aplikasi yang dijalankan pada *smartphone*, efisiensi energi juga bagian penting yang tidak bisa diabaikan. CPU *Multicore* mengkonsumsi lebih sedikit energi daripada CPU *single-core* karena frekuensi dan tegangan lebih rendah, dan sudah ada banyak prosesor CPU *multicore off-the-shelf* tersedia pada *smartphone*. Dengan memparalelkan tugas dalam aplikasi AR Web menggunakan *multicore*, konsumsi energi dapat dikurangi [18].

Keamanan dan Privasi

Faktor keamanan dan privasi adalah bagian yang tidak bisa diabaikan. Dampak dari gerakan "*Stop the Cyborgs*" telah memberi dampak kebocoran privasi Google Glass. Kasus pada *back end* atau implementasi metode kolaboratif Web AR menimbulkan potensial kebocoran data seperti informasi pribadi pengguna, lalu identitas pribadi dan informasi lokasi, dapat dikumpulkan oleh pihak ketiga untuk kegunaan lain. Acquisti et al membahas masalah privasi pengenalan wajah untuk aplikasi AR dan juga diusulkan beberapa pedoman privasi termasuk transparansi data tentang partisipasi *user*, pembatasan penggunaan, spesifikasi tujuan, dan sebagainya, serta solusi yang disarankan [11]. Selain strategi standar keamanan, seperti enkripsi pada perangkat dan jaringan, masih banyak yang perlu dipikirkan kembali karena web AR lebih tergantung pada jaringan. Para peneliti telah mempertimbangkan sistem operasi AR yang spesifik hal ini tidak sepenuhnya berdiri sendiri karena masih bergantung pada sistem operasi yang

mendasarinya. Solusi lainnya adalah aturan pengumpulan informasi atau kebijakan retensi lalu akses yang mengatur objek dan *output* yang tepercaya. Selain solusi teknis, tantangan privasi dan keamanan untuk web AR juga menyerukan pendekatan sosial, kebijakan, atau hukum [1].

Kesimpulan

Meskipun web AR masih dalam tahap awal, hasil penelitian dan pengembangan dan berbagai pendekatan implementasi web AR yang dibahas dalam tulisan akan memberikan pedoman dan referensi untuk peneliti dan pengembang untuk menerapkan teknologi Web AR. Metode AR berbasis web telah mendapat perhatian dari pengembang W3C, dan konsep Editor Web XR yang dirilis pada Maret 2018.

Jaringan 5G yang akan datang memberikan efisiensi karena kecepatan data yang lebih tinggi (0,1~1 Gb / s) dan *delay* yang lebih rendah (1~10 ms). Hasilnya cukup memuaskan untuk interaksi *real-time* sebagai persyaratan dari web AR. Teknologi MEC mengungkapkan sebuah tren baru paradigma komputasi, yaitu kebalikannya dari komputasi osmotik. Dengan penyebaran *edge server*, adaptif dan terukur, komunikasi dan kolaborasi antara *cloud* dan jaringan, serta antara *edge server* dan *smartphone*, akan memberikan kemampuan yang luas untuk memanfaatkan komputasi dan penyimpanan terdistribusi dan heterogen.

Daftar Pustaka

- [1] Xiuquan Qiao, Pei Ren, Schahram Dustdar, Ling Liu, Huadong Ma, Junliang Chen. "Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality—State of the

- Art, Challenges, and Insights", Proceedings of the IEEE, 2019.
- [2] FitzGerald, E et.al. "Augmented Reality and Mobile Learning: The State of the Art", International Journal of Mobile and Blended Learning, Vol 5(4), pp. 43-58, 2013.
- [3] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, and F. Kishino, "Augmented reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum," Proc. SPIE, vol. 2351, pp. 282–293, Dec. 1995.
- [4] R. T. Azuma, "A survey of augmented reality," Presence, Teleoper. Virtual Environ., vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997.
- [5] M. Billinghurst, A. Clark, and G. Lee, "A survey of augmented reality," Found. Trends Hum.-Comput. Interact., vol. 8, nos. 2–3, pp. 272–273, 2015.
- [6] J. G. Andrews et al., "What will 5G be?" IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 32, no. 6, pp. 1065–1082, Jun. 2014.
- [7] D. Schmalstieg et al., "Managing complex augmented reality models," IEEE Comput. Graph. Appl., vol. 28, no. 4, pp. 48–57, Jun. 2007.
- [8] B. Danchilla, "Three.js framework," in Beginning WebGL for HTML5. Springer, 2012, pp. 173–203
- [9] S. Taheri, A. Veidenbaum, A. Nicolau, and M. R. Haghighat, "OpenCV.js: Computer vision processing for the Web," Univ. California, Irvine, Irvine, CA, USA, Tech. Rep., 2017.
- [10] S. Taheri, A. Vedenbaum, A. Nicolau, N. Hu, and M. R. Haghighat, "OpenCV.js: Computer Vision processing for the open Web platform," in Proc. 9th ACM Multimedia Syst. Conf., 2018, pp. 478–483
- [11] Acquisti, R. Gross, and F. Stutzman, "Faces of facebook: Privacy in the age of augmented reality," Tech. Rep., 2011.
- [12] Tony Parisi. "WebGL: Up and Running". United States of America. O'Reilly Media. 2012
- [13] Dutton, Sam. "Getting Started with WebRTC". 2014.
- [14] Rahmanda, RY. "Perancangan dan Implementasi Kelas Virtual FILKOM Universitas Brawijaya dengan Memanfaatkan Teknologi WebRTC (Web Real-Time Communication)," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 2, No. 7, Juli 2018.
- [15] Eberhardt, Colin. "A WebAssembly Powered Augmented Reality Sudoku Solver". Scott Logic Blog. 2020.
- [16] S. Taheri, A. Veidenbaum, A. Nicolau, and M. R. Haghighat, "OpenCV.js: Computer vision processing for the open web platform," *MMSys '18: Proceedings of the 9th ACM Multimedia Systems*, pp. 478-483, June 2018. doi: 10.1145/3204949.3208126
- [17] T. Taleb, K. Samdanis, B. Mada, H. Flinck, S. Dutta and D. Sabella, "On Multi-Access Edge Computing: A Survey of the Emerging 5G Network Edge Cloud Architecture and Orchestration," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 19, no. 3, pp. 1657-1681, thirdquarter 2017, doi: 10.1109/COMST.2017.2705720
- [18] J. G. Andrews et al., "What will 5G be?" IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 32, no. 6, pp. 1065–1082, Jun. 2014